

AN: PAT 1990-008285  
TI: Self-supporting furnace insulation element with cavity  
contg. ceramic reinforcing elements  
PN: DE3821099-A  
PD: 28.12.1989  
AB: A self-supporting heat insulating wall or lid element of  
ceramic fibre insulating material, for high temp. industrial  
furnaces, has a cavity, in which ceramic reinforcing elements  
of recrystallised sintered silicon (oxy)nitride-bonded silicon  
carbide or reaction-bonded silicon nitride are inserted, the  
distance of the cavity from the hot face of the element being  
such that reaction of the reinforcement material with the  
surrounding fibre insulation is avoided. Also claimed is an  
industrial furnace for operation at up to 1600 deg.C and having  
an open interior width and/or length of at least 1m in which  
(part of) the insulating lining is formed by the non-supported  
elements.; Reliable lining support is provided and the elements  
are shape stable even at high temps. and are simple to mount.  
PA: (KANT-) KANTHAL GMBH;  
IN: HEIDER H W;  
FA: DE3821099-A 28.12.1989; **EP350647-A** 17.01.1990;  
CO: AT; BE; CH; DE; EP; ES; FR; GB; IT; LI; NL; SE;  
DR: AT; BE; CH; DE; ES; FR; GB; IT; LI; NL; SE;  
IC: F16L-059/00; F27D-001/00;  
MC: J09-A; L02-A01; L02-D15B; L02-J02C;  
DC: J09; L02; Q67; Q77;  
PR: DE3821099 22.06.1988;  
FP: 28.12.1989  
UP: 17.01.1990

---

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 89110900.1

51 Int. Cl. 4: F27D 1/00 , F27D 1/02

22 Anmeldetag: 15.06.89

30 Priorität: 22.06.88 DE 3821099

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
17.01.90 Patentblatt 90/03

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: Kanthal GmbH  
Aschaffburger Strasse 7  
D-6082 Mörfelden-Walldorf(DE)

72 Erfinder: Helder, Hanns-Wolfgang, Dipl.-Ing.  
Carron-du-Val-Strasse 16h  
D-8900 Augsburg 1(DE)

74 Vertreter: Patentanwälte TER MEER - MÜLLER  
- STEINMEISTER  
Mauerkircherstrasse 45  
D-8000 München 80(DE)

54 Selbsttragendes Wand- oder Deckenelement und damit ausgerüsteter  
Hochtemperatur-Industrieofen.

57 Für Hochtemperatur-Industrieöfen wird die Innenauskleidung aus vorzugsweise nach einem Baukastenprinzip zusammensetzbaren Isolierkörperelementen (1) hergestellt, die erfindungsgemäß durch hochwarmfeste formstabile, vorzugsweise stabförmige Keramikelemente verstärkt sind, welche in Hohlkanälen (3) der Isolierkörper (1) formschlüssig eingebracht sind und die aus dem Eigengewicht der Isolierkörper resultierenden Kräfte auch bei hohen Betriebstemperaturen aufnehmen.

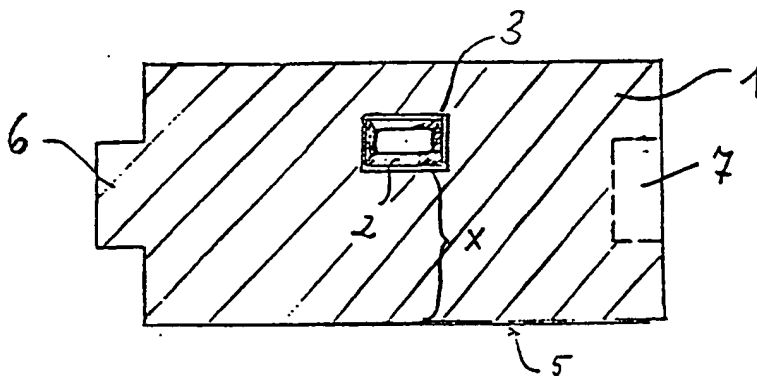


Fig. 1

EP 0 350 647 A1

BEST AVAILABLE COPY

# Selbsttragendes Wand- oder Deckenelement und damit ausgerüsteter Hochtemperatur-Industrieofen

Die Erfindung betrifft wärmeisolierende Wand- oder Deckenelemente aus faserkeramischem Isolierwerkstoff für Hochtemperatur-Industrieöfen sowie einen mit derartigen Isolierelementen oder -moduln ausgerüsteten Industrieofen.

Zur Auskleidung und Isolation von industriell oder in Labors genutzten Ofengehäusen, wie sie als Kammer-, Tunnel- oder Durchschuböfen bekannt sind, werden neben herkömmlichen massiven Auskleidungen in zunehmendem Maße faserkeramische Isolierwerkstoffe in Form von Isolierwolle, flexiblen Fasermatten oder bis zu bestimmten Betriebstemperaturen formstabilen Isolierblöcken verwendet. Die Faserisolationen, die im Falle von blockartigen Elementen oder Moduln vakuumgeformt oder gegossen sein können, bestehen aus Fasern mit unterschiedlichen Gehalten an Aluminiumoxid, Siliciumoxid und/oder Zirkonoxid, die mittels eines anorganischen oder organischen Binders in eine zur Auskleidung und Isolation der Ofenwände geeignete Form gebracht werden. Die wesentlichen Vorteile dieser Isolierart sind die außerordentlich hohe Isolationswirkung und das niedrige spezifische Gewicht des Isolationsmaterials, die es ermöglichen, raumsparende Ofeneinheiten mit geringer Speicherwärme und im Vergleich zu herkömmlichen Konstruktionen niedrigen Energie- und damit Betriebskosten zu fertigen. Faserisolierwerkstoffe haben jedoch den Nachteil geringer Festigkeit bzw. Tragfähigkeit und einer unzureichenden Formstabilität bei hohen Temperaturen. So treten beispielsweise bei Temperaturen über 1200 °C Umkristallisationen ein, die zu Verformungen insbesondere bei Deckenelementen (Durchhängen) führen. Für den Einsatz von Faserkeramikisolationen bei höheren Temperaturen und/oder für größere Ofenabmessungen sind daher verschiedene Stützkonstruktionen bekannt und üblich, z. B. die Verwendung von keramischen Haltern, welche senkrecht durch die Isolation hindurchgeführt und meist an der Außenwand verankert werden. Für ein Deckenelement mit einer Breite von z. B. 600 mm und einer Länge von z. B. 2500 mm werden üblicherweise mindestens achtzehn Befestigungselemente benötigt. Dies erfordert einen hohen Montageaufwand und die Einsatztemperatur ist gleichwohl auf  $T \leq 1300^\circ\text{C}$  beschränkt. Eine andere bekannte Möglichkeit besteht darin, die vakuumgeformten Elemente oder Moduln zu einer bogenförmigen Konstruktionseinheit zu verbinden, die beispielsweise als Deckenelement eine Spannweite von maximal 4000 mm ermöglicht. Die erzielbare Anwendungstemperatur ist aber ebenfalls auf  $T \leq 1300^\circ\text{C}$  beschränkt. Des weiteren ist es bekannt, rohrförmige Stützprofile aus Aluminium- oder Zirkonsilicat direkt

in die Faserisolation einzubringen. Diese Verstärkungselemente enthalten jedoch eine bei höheren Temperaturen erweichende Glasphase und besitzen daher nur eine unbefriedigende Formstabilität. Derart verstärkte Elemente kommen daher nur für kleine Laborofenanlagen oder für niedrige Ofentemperaturen bis ebenfalls  $T \leq 1300^\circ\text{C}$  in Frage. Es wurde auch schon die Verwendung von Stützprofilen aus siliciuminfiltriertem Siliciumcarbid (SiSiC) erwogen, die unmittelbar im Feuerraum des Ofens liegen. Dies erfordert jedoch den gleichzeitigen Einsatz von dünnen Platten aus feuerfester Keramik, auf welche die Isoliermatten oder -elemente aufgelegt werden. Wegen der Gefahr des Ausschmelzens von metallischem Silicium aus dem SiSiC, verbunden mit häufig beobachteter Ribbildung, ergibt sich auch für diesen Fall einer Verstärkung der Ofenauskleidung als oberste Betriebsgrenze eine Temperatur von  $T_{\text{max}} = 1300^\circ\text{C}$ .

Der Erfindung liegt damit die Aufgabe zugrunde, eine sichere Abstützung der aus faserkeramischen Isoliermaterialien hergestellten Wärmeisolationsauskleidung von Hochtemperaturöfen zu schaffen, die auch insbesondere bei hohen Temperaturen absolut formstabil ist und eine sehr einfache Montage von Ofenauskleidungen ermöglicht.

Gemäß der Erfindung wird vorgeschlagen, für Hochtemperatur-Industrieöfen, die mit wärmeisolierenden Wand- und Deckenelementen aus faserkeramischem Isolierwerkstoff ausgekleidet sind, erfindungsgemäß selbsttragende Teile zu verwenden, bei denen in Hohlräume des das einzelne Wand- oder Deckenelement bildenden Isolierkörpers keramische Verstärkungselemente aus rekristallisiertem, gesintertem siliciumnitrid- bzw. siliciumoxidnitridgebundenem Siliciumcarbid oder reaktionsgebundenem Siliciumnitrid eingesetzt oder eingezogen sind und bei denen der Abstand der Hohlkanäle von der heizelement- oder feuerseitigen Isolierkörperoberfläche so bemessen ist, daß eine Reaktion des Materials der Verstärkungselemente mit der umgebenden Faserisolation verhindert ist.

Der Isolationskörper besteht vorzugsweise aus hochtemperaturbeständigem aluminiumoxid- und/oder zirkonoxidhaltigem Fasermaterial, das mittels eines organischen Binders gebunden ist, wobei die auf die Verstärkungselemente angepaßten Hohlräume in den Isolationskörper eingeformt oder durch ein mechanisches Bearbeitungsverfahren eingebracht sind. Weiterhin sind die Hohlräume vorzugsweise als den Isolierkörper durchsetzende Hohlkanäle und die Verstärkungselemente als Verstärkungsstäbe ausgebildet mit formschlüssiger Anpassung an die Hohlkanäle.

Die Verstärkungselemente oder -stäbe können

BEST AVAILABLE COPY

durch eine chemisch stabile Zwischenschicht in Form eines Vliesmaterials umgeben sein. Vorzugsweise jedoch sind die Verstärkungselemente oder -stäbe mit einer chemisch und bei hohen Temperaturen stabilen Beschichtung versehen.

Die Verstärkungsstäbe besitzen vorzugsweise einen quadratischen, rechteck- oder kreisförmigen Querschnitt und bestehen vorzugsweise aus selbstgebundenem Siliciumcarbid vom Typ RSiC, SSiC oder SiSiC, also aus Werkstoffen, die keine Glasphase enthalten und sich daher auch bei hohen Temperaturen nicht verformen.

Für den Fall einer die Verstärkungselemente umgebenden Trennschicht zur Vermeidung chemischer Reaktionen kann diese durch an sich bekannte Beschichtungsverfahren aufgebracht werden, beispielsweise durch Engobieren oder mittels Plasmaspritzverfahren.

Der Isolierkörper selbst wird vorzugsweise aus einem hochtemperaturbeständigen Fasermaterial aus Aluminiumsilicat vom Typ A0 und einem organischen alkaliarmen Binder mit  $\text{SiO}_2$  als Hauptbestandteil hergestellt.

Der Hauptvorteil der Erfindung besteht darin, daß auch für Industrieöfen großer Abmessungen und für vergleichsweise hohe Betriebstemperaturen besondere separat zu montierende Befestigungselemente zur Befestigung der Isolation am Ofengehäuse, aber auch aufwendige Gewölbedeckenkonstruktionen vermieden werden können. Die Montage solcher Industrieöfen wird daher wesentlich vereinfacht.

Ein gemäß der Erfindung verstärkter keramischer Isolierkörper hat vorzugsweise eine Länge von mindestens 1000 mm. Je nach der Länge der verfügbaren Verstärkungselemente sind Längen der Isolierkörper von 3000 mm für Ofentemperaturen bis  $1600^\circ\text{C}$  ohne weiteres möglich.

Der Querschnitt der Verstärkungselemente sollte möglichst klein gewählt werden, um einen unerwünschten Wärmeabfluß zur Ofenseitenwand zu reduzieren.

Um das Aneinandersetzen mehrerer Faserisolierrmodule zu vereinfachen können diese an den Seitenflächen je eine nuttförmige Ausnehmung sowie auf der gegenüberliegenden Seite einen Steg aufweisen, der so bemessen ist, daß sich mit der Nut des nächsten Isolierkörpers eine quasi nahtlose Verbindung nach dem Nut-Feder-Prinzip ergibt. Der Einbau der Module erfolgt dann zweckmäßigerweise durch einfaches Aneinandersetzen, wobei sich die Deckenelemente dann auf den Seitenwänden der Ofenauskleidung abstützen. Eine weitere Möglichkeit für eine raumsparende Konstruktion besteht darin, die Verstärkungsstäbe über die Faserisolierrkörper von Deckenelementen hinaus zu verlängern und diese direkt mit der Außenwand des Ofens zu verbinden. Die bei Faserisolierrkör-

pern der genannten Art üblicherweise unter der Einwirkung hoher Temperaturen auftretende Schrumpfung kann entweder durch eine entsprechende thermische Vorbehandlung bei Temperaturen, welche knapp über der Einsatztemperatur liegen, vermieden werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die entstehenden Spalte nachträglich mit Fasermattenmaterial auszufüllen.

Mit den erfindungsgemäßen Wand- oder Deckenelementen wird die Auskleidung großer Industrieofenanlagen, welche vorzugsweise im periodischen Betrieb verwendet werden, ermöglicht. Die Montage und Reparatur solcher Öfen wird erheblich erleichtert.

Versuche haben gezeigt, daß ein "Durchhängen" oder Verformen der Isolierkörper insbesondere auch bei horizontaler Einbauweise nicht mehr auftritt. Die Einsatztemperatur der Isolierkörper erfindungsgemäßer Struktur kann erheblich gesteigert werden. Darüber hinaus ermöglicht die erfindungsgemäße Bauweise die Anbringung von elektrischen Deckenheizelementen, so daß eine höhere elektrische Leistung und eine gleichmäßigere Temperaturverteilung im Ofen erreicht wird.

Die Erfindung und vorteilhafte Einzelheiten werden nachfolgend unter Bezug auf die Zeichnung in beispielsweise Ausführungsform näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 den Querschnitt eines vakuumgeformten Faserisolierrmoduls mit erfindungsgemäßen Merkmalen, und

Fig. 2 einen vollständig mit faserkeramischen Isoliermodulen und Deckenelementen gemäß der Erfindung ausgekleideten Ofen im Querschnitt.

Die Querschnittsdarstellung der Fig. 1 läßt ein als wärmeisolierendes Wand- oder Deckenelement zu verwendendes vakuumgeformtes Faserisolierrmodul erkennen, dessen Fasermaterial als Hauptbestandteil  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , etwa 3 bis 4 %  $\text{SiO}_2$  und einige Spurenanteile enthält und sich durch einen Schmelzpunkt  $T_s > 2000^\circ\text{C}$  auszeichnet. In einem durch Näherungsberechnungen und Erfahrungen festgelegten Abstand  $x$  von der feuerseitigen Faserisolierrmoduloberfläche 5 ist ein im dargestellten Beispiel rechteckförmiger langgestreckter und allseitig von Faserisolierrmaterial umschlossener Hohlraum 3 ausgespart oder durch nachträgliche mechanische Bearbeitung eingebracht. In den Hohlraum 3 ist ein stabförmiges Verstärkungselement 2 mit rechteckförmigem Querschnitt aus rekristallisiertem Siliciumcarbid formschlüssig eingepaßt. Die Länge des im dargestellten Beispiel als Hohlprofil ausgebildeten stabförmigen Verstärkungselements ist so bemessen, daß das Material des Faserisolierrkörpers an beiden Enden ausreichend weit übersteht, um einen schädlichen Wärmeabfluß in Richtung der Ofenwand zu verhindern. Der Faseri-

soliermodul ist tafel- oder brettartig gestaltet und weist entlang einer Längskante einen Steg 6 mit rechteckförmigem Querschnitt und entlang der anderen Längskante eine ebenso große rechteckförmige, nutförmige Aussparung 7 auf. Wie bereits angegeben, lassen sich damit großflächige Auskleidungen durch einfaches Zusammenfügen der einzelnen Faserisolermodule auf einfache Weise erreichen.

Die Auskleidung des in Fig. 2 dargestellten Ofens erfolgt so, daß die Seitenwände 8<sub>1</sub>, 8<sub>2</sub> bzw. die Rückwand 9 aneinanderstoßen und die Deckenelemente 1 auf den Ofenseitenwänden 8<sub>1</sub>, 8<sub>2</sub> aufliegen. Durch das Einfügen der Stege 6 in die Nut 7 des jeweils nächsten Isolierkörpers ergibt sich eine quasi nahtlose Verbindung. Über dieser ersten Schicht aus mit SiC-Elementen verstärkten Faserisolermodulen können weitere Lagen 10 aus flexiblen Isolierratten angeordnet sein, die zusammen mit der ersten Schicht 1 die erforderliche Isolierwirkung gewährleisten. Eine selbsttragende metallische Außenwand 4 umgibt den gesamten Ofen und verschließt diesen dicht.

Ein Industrieofen mit einer Isolationsauskleidung aus erfindungsgemäß verstärkten Faserisolermodulen kann an Luft mit Ofentemperaturen bis 1600 °C im periodischen Betrieb oder Dauerbetrieb eingesetzt werden, ohne daß Verformungen, insbesondere an Deckenmodulen, entstehen.

## Ansprüche

1. Selbsttragendes wärmeisolierendes Wand- oder Deckenelement aus faserkeramischem Isolierwerkstoff für Hochtemperatur-Industrieöfen, dadurch gekennzeichnet, daß in Hohlräume (3) des das Wand- oder Deckenelement bildenden Isolierkörpers (1) keramische Verstärkungselemente (2) aus rekristallisiertem, gesintertem siliciumnitrid- bzw. siliciumoxidentridgebundenem Siliciumcarbid oder reaktionsgebundenem Siliciumnitrid eingesetzt sind und daß der Abstand der Hohlräume von der feuerseitigen Isolierkörperoberfläche (5) so bemessen ist, daß eine Reaktion des Materials der Verstärkungselemente mit der umgebenden Faserisolation verhindert ist.

2. Wand- oder Deckenelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Isolationskörper (1) aus hochtemperaturbeständigem aluminiumoxid- und/oder zirkonoxidhaltigem Fasermaterial und einem organischen Binder besteht, in den die auf die Verstärkungselemente angepaßten Hohlräume eingeformt oder durch ein mechanisches Bearbeitungsverfahren eingebracht sind.

3. Wand- oder Deckenelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Hohlräume als den Isolierkörper durchsetzende Hohlkanäle

und die Verstärkungselemente als die Hohlkanäle formschlüssig durchsetzende Verstärkungsstäbe ausgebildet sind.

4. Wand- oder Deckenelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkungselemente durch eine chemisch stabile Zwischenschicht in Form eines Vliesmaterials umgeben sind.

5. Wand- oder Deckenelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verstärkungsstäbe mit einer chemisch auch bei hohen Temperaturen stabilen Beschichtung versehen sind.

6. Industrieofen für Betriebstemperaturen bis 1600 °C und einer lichten Breite und/oder Länge des Ofeninnenraums von mindestens 1 m, bei dem mindestens ein Teil der isolierenden Ofenauskleidung durch stützlose Wand- oder Deckenelemente gemäß einem der vorstehenden Ansprüche gebildet ist.

BEST AVAILABLE COPY

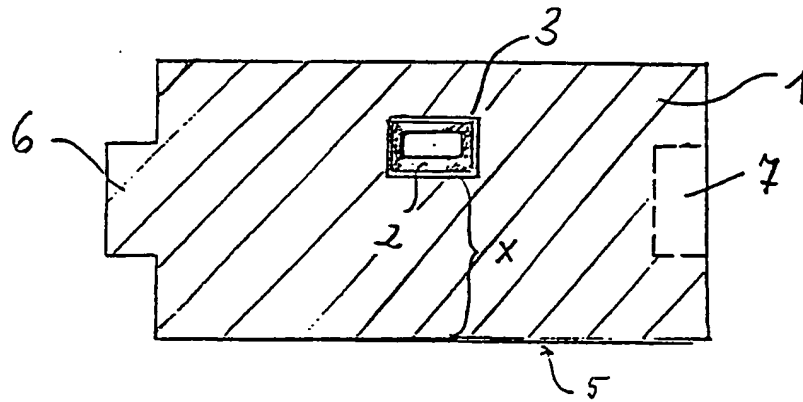


Fig. 1

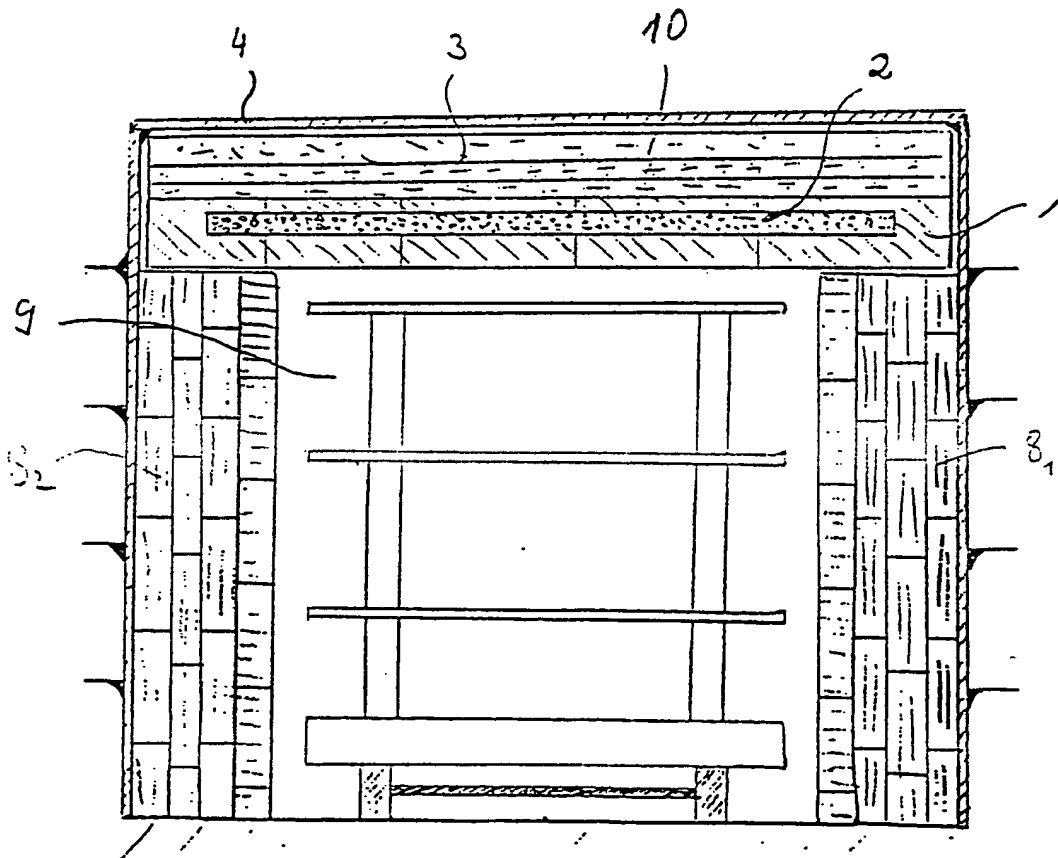


Fig. 2

KANTHAL GMBH



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 89 11 0900

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. CL4)
A	FR-A-2 557 829 (DIDIER-WERKE AG) ---		F 27 D 1/00
A	FR-A-2 529 541 (DIDIER-WERKE AG) ---		F 27 D 1/02
A	GB-A-2 060 847 (STUDICERAM SpA) -----		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. CL4)
			F 27 D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 19-09-1989	Prüfer COULOMB J.C.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

KPO FORM 1503 01.82 (11/90)

BEST AVAILABLE COPY